

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO - PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL**



**TESIS**

**“ESTUDIO DE COMPATIBILIDAD DE CINCO ECOTIPOS  
PROMISORIOS DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) EN LA  
REGIÓN SAN MARTÍN - PERÚ”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**HECTOR NORIEGA VALERA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TARAPOTO - PERÚ**  
**2011**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMIA**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL**



**TESIS:**

**“ESTUDIO DE COMPATIBILIDAD DE CINCO ECOTIPOS  
PROMISORIOS DE SACHA INCHI (*Plukenetia volúbilis* L.) EN LA  
REGION SAN MARTIN – PERÚ”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:  
HÉCTOR NORIEGA VALERA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**TARAPOTO - PERÚ**

**2011**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE AGRONOMIA**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL**

**ÁREA DE MEJORAMIENTO Y PROTECCIÓN DE CULTIVOS**

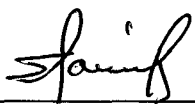
**TESIS:**

**“ESTUDIO DE COMPATIBILIDAD DE CINCO ECOTIPOS  
PROMISORIOS DE SACHA INCHI (*Plukenetia volúbilis* L.)\_EN LA  
REGION SAN MARTIN – PERU”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**HECTOR NORIEGA VALERA**

**MIEMBROS DEL JURADO**



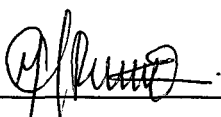
---

**Ing. M.Sc. Jorge Sánchez Ríos**  
**Presidente**



---

**Ing. Elías Torres Flores**  
**Miembro**



---

**Ing. María Emilia Ruiz Sánchez**  
**Miembro**



---

**Ing. M.Sc. Guillermo Vásquez Ramírez**  
**Asesor**

## DEDICATORIA

*Eterna gratitud en memoria de mi querida*

*Madre Noelina Valera por haberme apoyado*

*incondicionalmente en todo momento me*

*inculcó lo bueno y lo malo de la vida, hizo*

*posible mi formación profesional, ya que sin*

*su esfuerzo no habría podido lograr esta meta.*

*A mi hermano José Gonzáles por*

*el apoyo moral y económico para terminar*

*con éxito mi carrera profesional.*

## AGRADECIMIENTO

- ✚ Mis sinceros agradecimientos a las siguientes instituciones y personas que colaboraron y apoyaron en la realización del presente trabajo de investigación.
- ✚ A Dios por darme fuerza y sabiduría para enfrentar obstáculos y seguir adelante aun en los momentos más difíciles.
- ✚ A la Facultad de Ciencias Agrarias carrera profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto por darnos a todos los estudiantes la oportunidad de formarnos como profesionales de vanguardia, al lado de excelentes docentes.
- ✚ Al **Ing. M.Sc.** Guillermo Vásquez Ramírez, docente de la FCA de la UNSM-T, asesor del presente trabajo de investigación.
- ✚ Al **Ing.** Manuel Arévalo Rojas por el apoyo en la interpretación de resultados.
- ✚ Al **Ing.** Juan Carlos Guerrero Abad por la redacción del informe final del trabajo de investigación.
- ✚ Al **Bach.** Henry Ruiz Sol Sol por el apoyo en el procesamiento y análisis de datos experimentales.
- ✚ A la familia Reátegui Panduro, Reátegui Rey y Reátegui Hidalgo por todo el apoyo brindado durante mi formación profesional, a ellos mi agradecimiento y gratitud
- ✚ A todos los amigos que laboran en el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) por su amistad y su apoyo incondicional.

# ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	01
II. OBJETIVOS.....	03
III. REVISION BIBLIOGRÀFICA.....	04
IV. MATERIALES Y METODOS.....	19
V. RESULTADOS.....	37
VI. DISCUSIÓN.....	50
VII. CONCLUSIONES.....	56
VIII. RECOMENDACIONES.....	57
IX. RESUMEN.....	58
X. SUMARY.....	59
XI. REFERERNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	60
XII. ANEXOS.....	64

## I. INTRODUCCIÓN

El sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) es una oleaginosa que pertenece a la familia Euphorbiaceae. En el Perú es conocida como “maní del monte”, “sachá Inchi” o “maní del inca” y crece en estado silvestre en los departamentos de San Martín, Ucayali, Amazonas, Madre de Dios, Junín y Loreto. Es una planta que se adapta a suelos arcillosos, ácidos y se desarrolla mejor en climas cálidos. Presenta características muy favorables para la reforestación. (Manco, 2004)

El cultivo de Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en los últimos años ha tomado importancia económica e industrial en el mercado internacional por su alto contenido de ácidos grasos esenciales (ácido linolénico, linoleico, y oleico, conocidos como omega 3, 6 y 9 respectivamente), con respecto a otras oleaginosas (Cachique, 2006).

En 1989 el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA), en la Extensión Experimental Agraria “El Porvenir, inicia las investigaciones en mejoramiento genético en Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) con la colecta inicial de 06 accesiones, conservándose actualmente 39 accesiones, las cuales han sido evaluadas y caracterizadas en condiciones de conservación ex situ.

En la región San Martín, la producción de sachá inchi se realiza en forma tradicional; gracias a la colecta nacional que viene realizando el INIEA, se ha logrado identificar materiales genéticos promisorios con altos contenidos de aceite, pero tienen bajos rendimientos y son altamente susceptibles a ***Meloidogyne*** sp., principal problema fitosanitario que ocasiona una elevada mortandad de plantas al segundo año de producción.

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de obtener un método adecuado para lograr una polinización controlada que garantice la fecundación de gametos y la producción de híbridos (F1) esto contribuirá para la ejecución de futuros trabajos de investigación relacionados con el mejoramiento genético de esta especie, de manera que se puedan obtener variedades altamente productivas con altos contenidos de aceites, resistentes al complejo nematodo-fusarium.



## II. OBJETIVOS

- 2.1. Determinar un método de polinización controlada para la generación de híbridos de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).
- 2.2. Obtener híbridos (F1) mediante polinización controlada en cinco ecotipos promisorios de sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Origen y distribución geográfica.

El género *Plukenetia* comprende 17 especies de distribución tropical, 12 de América, 03 en África, 01 en Madagascar y una de Asia (Gillespie, 1993). En el Perú este cultivo se encuentra en estado silvestre en diversos lugares de San Martín, Úcayali, Huánuco, Amazonas, Cuzco, Loreto y Madre de Dios. En San Martín se encuentra en toda la cuenca del Huallaga, en la Provincia de Lamas, en el valle del Sisa, en Alto Mayo, Bajo Mayo hasta Yurimaguas.

Crece desde los 100 hasta los 2000 m.s.n.m (Valles, 1995).

#### 3.2. Clasificación botánica.

Mc-bride (1951), lo clasifica en:

Reino : Vegetal

División : Spermatophyta

Clase : Dicotyledonea

Orden : Euphorbiales

Familia : Euphorbiaceae

Género : *Plukenetia*

Especie : *volubilis* Linneo.

### **3.3. Morfología General**

#### **3.3.1 Planta.**

Es una liana trepadora, enredadera, voluble, semileñosa, de crecimiento rápido e indeterminado; el eje principal alcanza la altura del soporte o tutor vivo (mas de 10 metros de largo) **(Sánchez y Amiquero, 2004)**. Es una planta trepadora, voluble, semileñosa, de altura indeterminada **(Manco 2003)**.

#### **3.3.2 Hojas.**

Son alternas, de color verde oscuro, acorazonadas, aserruladas de 10 a 16 cm. de largo y 8 a 10 cm. de ancho, el ápice es puntiagudo, y la base es plana o semiarriñonada, las nervaduras nacen en la base y la nervadura central se orienta hacia el ápice de la hoja **(Guerrero, 2007)**.

#### **3.3.3 Flores:**

Son hermafroditas, las flores masculinas, son pequeñas, redondas, blanquecinas y dispuestas en racimos. La flor femenina se encuentra en la base del racimo y ubicadas lateralmente de una a dos flores **(Sánchez y Amiquero, 2004)**.

Es una planta hermafrodita, con flores masculinas estaminadas y femeninas pistiladas; las primeras son pequeñas, blanquecinas, dispuestas en racimos, mientras que las otras se encuentran en la base del racimo y ubicadas lateralmente de una a dos flores

**(Arévalo 1989-1995)**, menciona que es una planta autógama, pues observó muchas semejanzas entre plantas de una misma accesión así como de una accesión a otra, las diferencias entre caracteres fenotípicos son pocas pero notorias.

#### **3.3.4 Frutos:**

Es una cápsula dehiscente de 3,5 a 4,5 cm. de diámetro, con 04 lóculos aristados (tetraloculados) dentro de las cuales se encuentran 4 semillas, algunos ecotipos presentan cápsulas con 5 a 8 lóculos, cuando están en crecimiento son de color verde y cuando maduran se tornan de color marrón oscuro **(Arévalo 1989-1995)**.

El fruto es una cápsula, de 3,5 a 4,5 cm. de diámetro, con 04 lóculos aristados (tetralobados), dentro de los cuales se encuentran 4 semillas. Excepcionalmente, algunos ecotipos presentan cápsulas con 5 a 7 lóculos **(Manco 2003)**.

#### **3.3.5 Semilla:**

Las semillas se encuentran dentro de las cápsulas y son de color marrón oscuro, en la mayoría de los ecotipos es ovalada, ligeramente abultadas en el centro y aplastadas hacia el borde, según los ecotipos, el diámetro fluctúa entre 1.3 y 2.1 cm. **(Sánchez y Amiquero, 2004)**.

### **3.3.6 Aceite**

**Proyecto Omega (2002)**, hace referencia que el aceite de sachá Inchi, tiene mayor contenido de omega 3 en comparación con otras oleaginosas utilizadas para el consumo humano; contiene 93,6 % de ácidos grasos insaturados y tiene el más bajo contenido de ácidos grasos saturados (3.85 % de palmítico y 2.54 % de esteárico).

## **3.4. Ecología.**

### **3.4.1 Temperatura:**

El sachá inchi crece y tiene buen comportamiento a diversas temperaturas que caracterizan a la Amazonía Peruana (mínimo 10 °C y Máximo 36 °C.), siendo el óptimo entre 22 a 32°C. Las temperaturas muy altas son desfavorables y ocasionan la caída de flores y frutos pequeños, principalmente los recién formados **(Arévalo 1989-1995).**

### **3.4.2 Altitud:**

La planta de sachá Inchi crece desde el nivel del mar hasta más de 1600 m.s.n.m., sin embargo se observa un mejor comportamiento de la plantación (mayor producción y más estable en todo el año), desde los 400 m.s.n.m hasta los 1500 m.s.n.m. **(Sánchez y Amiquero, 2004).**

**Manco (2003)**, menciona que crece desde los 100 m.s.n.m en la Selva Baja y 2000 m.s.n.m en la Selva Alta.

### **3.4.3 Luz:**

La luz es otro de los factores ambientales de importancia para el desarrollo del sachá Inchi; se observa que existe una mayor fructificación cuando la planta se encuentra en plena exposición de rayos solares; observándose también que el ciclo vegetativo de la planta es más prolongado en sombra, a bajas intensidades de luz y la producción disminuye (**Sánchez y Amiquero, 2004**)

**Manco (2003)**, indica que a bajas intensidades de luz, la planta necesita de mayor número de días para completar su ciclo vegetativo; cuando la sombra es muy intensa la floración disminuye y por lo tanto la producción es menor.

### **3.4.4 Agua.**

Es una planta que requiere de disponibilidad permanente de agua, para tener un crecimiento sostenido; siendo mejor si las lluvias se distribuyen en forma uniforme durante los 12 meses del año (850 a 1000 mm). El riego es indispensable en los meses secos. Periodos relativamente prolongados de sequía o de baja de temperatura, causan un crecimiento lento y dificultoso. El exceso de agua ocasiona daño a las plantas e incrementa los daños por enfermedad a raíces y frutos (**Arévalo 1989-1995**).

(**Sánchez y Amiquero, 2004**), menciona que la precipitación optima para el sachá Inchi es de 1000 a 1250 mm.

#### **3.4.5 Suelo:**

Este cultivo tiene amplia adaptación a diferentes tipos de suelo; crece en suelos ácidos y con alta concentración de aluminio. Prospera en “Shapumbales” (*Pteridium aquilinum*) secos y húmedos y en “cashucshales” (*Imperata brasiliensis*). Se deben elegir los suelos que posibiliten su mejor desarrollo y productividad (Valles 1995).

(Sánchez y Amiquero, 2004), menciona que la planta de sachá Inchi tolera suelos ácidos, sin embargo se observa mejor comportamiento de la producción en suelos con ph entre 5.0 a 6.0.

#### **3.4.6 Drenaje:**

Este cultivo necesita de terrenos con drenaje adecuado, que eliminen el exceso de agua tanto a nivel superficial como profundo. Para un buen drenaje se debe considerar la textura del suelo, y ésta es importante para el desarrollo del cultivo (Arévalo 1989-1995).

#### **3.4.7 Materia orgánica**

Se recomienda la adición de materia orgánica bien descompuesta (compost, estiércoles, humus de lombriz) y enmiendas orgánicas (superguano, roca fosfórica, etc) desde la preparación del sustrato para vivero, siembra en campo definitivo y la formulación de los planes de abonamiento, para el manejo orgánico y para el manejo

convencional se utiliza lo mismo como base complementando con fertilizantes en forma balanceado considerando la extracción de nutrientes y la fase del cultivo **(Sánchez y Amiquero, 2004)**.

#### **3.4.8 Topografía**

Se debe establecer la plantación en suelos de preferencia plano onduladas con buen drenaje, y en zonas de selva alta, también en laderas con hasta 30% de pendiente **(Manco, 2003)**.

### **3.5 Fisiología**

#### **3.5.1 Crecimiento vegetativo**

La planta del "sacha Inchi" da frutos comestibles y oleaginosos, es trepadora, de abundantes hojas y ramas, alcanza la altura de la planta soporte, por lo tanto no es recomendable que ésta tenga una altura mayor de 2 m para facilitar la cosecha. Si existe una suficiente humedad, la germinación se inicia aproximadamente a las dos semanas de realizada la siembra. Una semana después, aparece la segunda hoja verdadera y el tallo guía. **(Arévalo 1990-1995)**.

#### **3.5.2 Floración**

La floración, se inicia aproximadamente a los 3 meses de la siembra, luego de haber realizado el trasplante, apareciendo primero los primordios florales masculinos e inmediatamente los femeninos, en un periodo de 7 a 19 días **(Arévalo, 1989-1995)**.



**Manco (2003)**, menciona que el inicio de la floración esta entre los 86 y 139 días después del trasplante y la fructificación ocurre entre los 119 y 182 días después del trasplante.

### **3.5.3 Fructificación**

Inmediatamente después de la floración se inicia la formación de los frutos completando su desarrollo a los 4 meses después de la floración. Luego se inicia la maduración propiamente dicha de los frutos, cuando éstos, de color verde empiezan a tornarse de un color negrusco, que finalmente se convierte en marrón oscuro o negro cenizo; indicador que está listo para la cosecha. Este proceso de maduración del fruto dura aproximadamente de unos 15 a 20 días, iniciándose la cosecha a los 7,5 meses después de la siembra y/o trasplante, con una producción continua (**Arévalo, 1989-1995**).

## **3.6. Propagación del Sacha Inchi**

### **3.6.1. Propagación asexual del Sacha Inchi**

En la estación experimental El Porvenir – Juan Guerra – San Martín – Perú, se realizaron ensayos de propagación por estacas, en dicho ensayo se utilizaron diferentes tipos de estacas: estaca apical, estaca media y estaca basal, con un testigo de semilla botánica. La estaca basal resulto ser el mejor material de propagación, pues tuvo mejor prendimiento, aunque no se llevo a realizar el trasplante (**Arévalo, 1996**).

### **3.6.2. Propagación sexual del Sacha Inchi**

Este es el método de propagación más utilizado, las semillas son seleccionados por sus diferentes características sobresalientes (tamaño, forma, color, etc.) provenientes de cosechas recientes y de plantas sanas y vigorosas para obtener un alto porcentaje de germinación en la producción de plantones (**Sánchez y Amiquero, 2004**).

## **3.7. Del mejoramiento genético**

### **3.7.1. Mejoramiento genético del sachá inchi**

Las investigaciones del cultivo de sachá inchi o maní del monte se inician en 1988 por el Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología, de la Estación Experimental “El Porvenir” (INIA), en la línea de mejoramiento genético, con la recolección y evaluación de ecotipos de sachá inchi. Actualmente se esta realizando la caracterización del banco de germoplasma en la estación experimental el porvenir - INIA, siendo hasta el momento la única colección de germoplasma conocida en el mundo.

El germoplasma básico de sachá inchi con que cuenta la estación experimental el porvenir, está constituido por 52 accesiones recolectadas en diferentes zonas agroecológicas de San Martín y la región Amazonas, en el Perú, incluyendo localidades del trapecio amazónico y tramos fronterizos con Brasil y Colombia.

Debido a la alta variabilidad genética de este material, se han seleccionado los ecotipos: Pinto Recodo, Tambo Yaguas, Muyuy y Río Putumayo, que alcanzaron los más altos rendimientos de semilla en el primer año de evaluación, con tutores vivos, podas agresivas y bajo condiciones de suelos y clima no muy adecuados para el cultivo (Arévalo, 1990-1995).

### **3.8. Términos utilizados en el mejoramiento genético**

#### **3.8.1. Hibrido**

Zobel, 2002, menciona que se refiere generalmente a cruzas entre especies. Sin embargo no es erróneo aplicarlo a cruzas interespecíficas, como aquellas entre razas, o incluso a cruzas entre dos diferentes genotipos de una misma población.

#### **3.8.2. Hibridación**

Es el cruzamiento de dos individuos homocigotos para dar un heterocigoto (F1). Es el acto de fecundar los gametos femeninos de un individuo con los gametos masculinos procedentes de otro individuo (Ruiz, 2008).

Dentro de la genética pura, la hibridación se efectúa generalmente con el objeto de estudiar la forma en que se heredan los caracteres contrastados, tales como color de las flores, forma de las hojas, tamaño del fruto, etc. para estudiar posteriormente las

progenies y determinar como se comportan estos caracteres en la herencia.

Uno de los casos mas frecuentes que pueden requerir es la transferencia de caracteres de una variedad a otra tratando de unirlos en una nueva variedad. Probablemente el caso mas común es aquel en el que se cuenta con una buena variedad cultivada a la que le falta, por ejemplo, resistencia a una enfermedad, resistencia que se encuentra en otra variedad que puede ser cultivada o mas o menos silvestre pero de manera general es de mayor calidad o de menor rendimiento que la variedad a la cual se desea transferir el carácter (**Brauer, 1969**).

### **3.8.3. Tipos de hibridación**

#### **Hibridación Interespecifica**

Cuando se habla de cruzamientos interespecificos debería esperarse un máximo de heterosis. En efecto este es el caso de algunos cruzamientos interespecificos, pero también es muy frecuente que cuando la divergencia entre las dos especies es demasiado grande, los híbridos resultantes presentan un alto grado de esterilidad y deficiencias, pudiendo llegar a una incapacitación fisiológica para sobrevivir, es decir muchos de los híbridos interespecificos resultan verdaderos monstruos (**López,1995**).

### **Importancia de la hibridación interespecífica**

La importancia de la hibridación interespecífica está relacionada con la posibilidad de transferir caracteres de las plantas silvestres a las plantas cultivadas. De una manera general las plantas silvestres se hallan definitivamente sometidas a la lucha por la existencia en el sentido en que Darwin empleó esta expresión, es decir que las especies solamente pueden vivir cuando tienen caracteres fisiológicos y morfológicos que le permiten subsistir en competencia con otras plantas, resistir a periodos de sequía, frío, calor, exceso de humedad y llegar a reproducirse en cuanto estén afectados por factores ecológicos (**Braeur, 1969**).

#### **3.8.4. Polinización**

Es la transferencia del polen de la antera al estigma, los principales agentes polinizadores son el viento y los insectos (**Marcos, 1995**). Acto de caída del polen en los estigmas de la flor para realizar la fecundación (**Ruiz 2008**).

#### **3.8.5. Tipos de polinización**

##### **Polinización anemófila**

Traslado de polen por viento para aumentar o asegurar las fecundaciones algunas plantas alegamas como el maíz (**López, 1995**).

### **Polinización controlada**

**Sevilla, 2004**, menciona que para las plantas alogamas se requiere de algún método de polinización controlada para regenerar el germoplasma. Así mismo **(Poehlman, 1992)** menciona que dentro de la fitotecnia consiste en manipular y depositar en forma artificial el polen en la fertilización cruzada o estigma.

### **Polinización entomófila**

Traslado de polen por medio de insectos, para fecundar las flores alogamas **(López, 1995)**.

## **3.8.6. Clasificación de las plantas por la forma de polinización**

### **Plantas Autogamas**

Son aquellas que se reproducen por autofecundación es decir, los gametos que se unen para formar el cigote proceden de la misma planta. Las poblaciones de plantas autogamas consisten generalmente en una mezcla de líneas homocigotos. La proporción de polinización cruzada natural dentro de las especies autogamas puede variar de 0 a 5% **(Ruiz, 2008)**.

Proceso de fecundación de óvulos de una planta con polen de la misma (autofecundación) que originan poblaciones homocigotos **(Sevilla, 2004)**.

### **Plantas Alogamas**

Son aquellas que se producen por medio de polinización cruzada, es decir que los gametos (masculino y femenino) que se unen para formar el cigote son de plantas diferentes **(Vega, 1998)**.

Cruzamiento natural en las plantas, que originan la formación de poblaciones heterocigotos debido a la polinización al azar **(Sevilla, 2004)**.

#### **3.8.7. Clasificación de las plantas por el tipo de flores**

##### **Plantas monoicas**

Plantas que contiene el androceo y el gineceo: pudiendo ser monoica unisexual (flores masculinas y femeninas separadas) como el maíz, o monoica hermafrodita (androceo o gineceo dentro de la misma estructura floral como el frijol) **(Ruiz, 2008)**

##### **Plantas diocas**

Literalmente se refiere a dos casas. Genéticamente, son especies cuyas plantas solo forman plantas masculinas y otras solo femeninas, existe la gametogenesis separada, lo que obliga ala fecundación cruzada tópicamente alógama **(Sevilla, 2004)**.

### **3.8.8. Emasculación**

Literalmente, es la técnica de eliminación del androceo, para después realizar por medio de cruzamiento entre dos progenitores. La emasculación se realiza en especies autogamas extrayendo las anteras antes de que hagan su dehiscencia para evitar autofecundación **(Vega, 1998)**.

### **3.8.9. Compatibilidad**

Es la posibilidad de que se realice la fecundación entre dos especies **(Sevilla, 2004)**.

### **3.8.10. Incompatibilidad**

Cuando no se realiza la fecundación entre dos especies se dice que no son compatibles **(Vega, 1998)**.



## **IV. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1. Ubicación del campo experimental**

El presente trabajo de investigación se realizó en centro experimental pucayacu del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), ubicado en el centro poblado menor de Bello Horizonte a 7 Km. de la ciudad de Tarapoto, durante los meses de Mayo del 2007 hasta mayo del 2008.

### **4.2. Ubicación geográfica.**

Longitud Oeste	:	06° 31'
Latitud Sur	:	76° 17'
Altitud	:	320 m.s.n.m.

### **4.3. Ubicación política.**

Distrito	:	La Banda de Shilcayo
Provincia	:	San Martín
Región	:	San Martín
Lugar	:	Bello Horizonte

### **4.4. Zona de vida.**

El área donde se realizó el presente trabajo de investigación, está considerada como una zona de vida bosque seco Tropical (Bs-T) ubicada en la Selva Alta del Perú (ONERN, 1992).

#### 4.5 Historia del campo experimental

En el año del 2006 el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) adquirió un terreno de 14,0 has, asignando 3,0 has al Programa de Ecosistemas Terrestres (PET) para realizar los trabajos de investigación en el mejoramiento genético de Sacha Inchi. El terreno donde se realizó el presente trabajo de investigación estuvo en condiciones de barbecho en los cinco últimos años

**Cuadro 1:** Datos Meteorológicos de Enero a Diciembre del 2007.

<b>Meses</b>	<b>Temperatura °C</b>			<b>H.R %</b>	<b>P.P mm</b>
	<b>Mínima</b>	<b>Media</b>	<b>Máxima</b>		
Enero	21.9	27.7	33.6	84	68.0
Febrero	21.8	28.3	34.9	77	39.5
Marzo	20.0	26.3	32.5	82	242.8
Abril	20.1	26.0	31.6	88	87.3
Mayo	19.1	26.0	31.8	81	174.6
Junio	18.5	26.1	32.6	83	15.9
Julio	18.2	26.0	32.6	80	76.2
Agosto	18.5	26.4	33.5	76	45.9
Septiembre	19.1	26.0	32.8	79	137.5
Octubre	20.3	26.8	33.0	78	133.0
Noviembre	20.7	25.6	32.4	80	159.7
Diciembre	21.2	26.1	33.2	74	11.2
<b>Promedio</b>	<b>20.0</b>	<b>26.4</b>	<b>32.9</b>	<b>80.2</b>	<b>99.3</b>

Fuente: Estación MAP "El Porvenir 2008.

#### 4.6 Características de suelo

El análisis físico-químico del suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), los resultados del análisis indican que se trata de un suelo de textura franco arenoso, de reacción ligeramente ácido, con un contenido bajo de nitrógeno y materia orgánica, bajo contenido de fósforo y alto contenido de potasio, con una alta relación calcio/ magnesio.

**Cuadro N° 2: Resultados de Análisis físico-químico del suelo**

Muestra	Resultados	Interpretación	Método
		Fra-Are	
Arena (%)	67.94		Hidrómetro
Limo (%)	12.29		Hidrómetro
Arcilla (%)	19.78		Hidrómetro
Materia orgánica (%)	1.58	Bajo	Walkey y Black
Nitrógeno (%)	0.07	Bajo	(Estimado)
Fósforo (ppm)	1.86	Bajo	Olsen Modificado
Potasio (ppm)	84.30	Alto	Absorción Atómica
PH	6.19	Lig. Acido	Potenciómetro
Ca + Mg ( meq/ 100g suelo)	26.67	Alto	Absorcion

Fuente: Laboratorio de Suelos ICT (2008).

**4.7 Ensayos preliminares de polinización controlada**

**Primer ensayo**

El primer ensayo consistió en recolectar flores masculinas en número de 15 a 20 en un sorbete de 21cm. de longitud sellado a un extremo, después se procedió a cubrir el estigma de la flor femenina por espacio de 14 días.

El tamaño del sorbete (21cm.) y la cantidad excesiva de flores masculinas hizo que se cayera, arrancando la inflorescencia femenina de raíz y no se obtuvo ningún fruto fecundado.

**Segundo ensayo**

El segundo ensayo consistió en la recolección de polen del progenitor masculino en un sorbete de 14 cm. de longitud sellado a un extremo, a razón de 15 a 20 flores, para luego proceder a cubrir el estigma con el sorbete por espacio de 14 días.

La cantidad excesiva de flores masculinas y el tamaño del sorbete (14 cm.) hicieron que se perdiera por el peso en un 50%. El tiempo de 14 días que estuvo el sorbete en el estigma de la flor femenina era demasiado, al momento de retirarlo el fruto fecundado hacía presión en el sorbete, esto dificultó la liberación del fruto fecundado, perdiéndose un alto porcentaje de frutos fecundados.

#### **4.8 Descripción experimental**

Se instalaron 05 parcelas experimentales separadas a un distanciamiento de 150 a 200 metros entre parcelas y protegidas con barreras vivas para evitar la contaminación de polen extraño. Cada parcela experimental estuvo constituida por un sistema de tutoraje tipo-espaldera que en ella se acondiciono 05 ecotipos silvestres de sachá inchi: Zungarococha (A), Shica (B), Tununtunumba (C), Chirimoto (D), Habana (E). La distribución de ecotipos asignados a cada parcela estuvo constituido por 15 plantas de un mismo ecotipo determinándolo como macho y 12 plantas emasculadas (03 plantas por ecotipo) determinándolas como hembras, distribuidas sistemáticamente, es decir un ecotipo después de otro con un distanciamiento de 2,5 m entre plantas y 2,5 m entre hileras. Haciéndose una distribución recíproca de los ecotipos en las cinco (05) parcelas experimentales (**anexo 02**). El establecimiento de los progenitores masculinos fueron establecidos con dos meses de anticipación respecto a los progenitores femeninos, con la finalidad de disponer de polen en el tiempo adecuado para los cruzamientos de cada parcela experimental; la emasculación para obtener progenitores femeninos, se realizó a los 90 días después del trasplante, realizándose en el segundo estadio de la inflorescencia masculina y en forma

interdiaría. Por otro lado los cruzamientos se desarrollaron a partir de 7:30 a 10:00 a.m. periodo adecuado que permitió una mejor disponibilidad de polen (dehiscencia de anteras).

La cosecha se realizó de 110 a 120 días después de haber realizado el cruzamiento.

#### **4.9 Diseño y características del experimento**

De acuerdo a la distribución estadística en las cruas reciprocas deberian haber un total de 20 tratamientos, para este trabajo de investigación solo se consideraron 12 tratamientos, debido a problemas de adaptabilidad del ecotipo "D" (Chirimoto) material silvestre procedente de la Región Amazonas, trabajándose tan solo con 04 ecotipos silvestres, los cuales hacen un total de 12 cruas reciprocas (tratamientos). Se aplico un diseño completamente al azar (**DCA**) con 12 tratamientos (**cruces**), para las evaluaciones biométricas se tomaron 05 muestras al azar por cada tratamiento. Para el contraste de promedios entre tratamientos se hizo la prueba de **DUNCAN** ajustado al  $p < 0,05$  (prueba de campo).

$$\text{Modelo Matemático: } Y_{(ij)} = \mu + \lambda_i + \xi_{(ij)}$$

Donde:

**Y<sub>ij</sub>**= Resultado de una unidad experimental

**μ**= Media general

**λ<sub>i</sub>**= Efecto del i-esimo.

**E<sub>ij</sub>**= Error experimental

Fuente de Variabilidad	Grado de Libertad
Tratamientos	t-1=11
Error	t(r-1)=48
Total	rt – 1=59

4.10 Tratamientos en estudio

Trat.	Clave	Progenitores
T1	♀ B X A ♂	Shica x Zungarococha
T2	♀ C X A ♂	Tununtunumba x Zungarocoha
T3	♀ E X A ♂	Habana x Zungarococha
T4	♀ A X B ♂	Zungarococha x Shica
T5	♀ C X B ♂	Tununtunumba x Shica
T6	♀ E X B ♂	Habana x Shica
T7	♀ A X C ♂	Zungarococha x Tununtunumba
T8	♀ B X C ♂	Shica x Tununtunumba
T9	♀ E X C ♂	Habana x Tununtunumba
T10	♀ A X E ♂	Zungarococha x Habana
T11	♀ B X E ♂	Shica x Habana
T12	♀ C X E ♂	Tununtunumba x Habana

#### **4.10.1 Características del campo experimental**

Se instaló cinco parcelas de las siguientes dimensiones

Largo	:	27.0 m
Ancho	:	7.0 m
Área parcela	:	189m <sup>2</sup>
Área Total	:	945.0 m <sup>2</sup>
Nº total de plantas	:	135
Nº total de plantas evaluadas	:	135

#### **4.10.2 Componentes de estudio**

##### **4.10.2.1 Ecotipos :**

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se contó la colección de 05 ecotipos silvestres procedentes de las regiones de San Martín, Amazonas y Loreto, los mismos que se describen a continuación.

## A). Zungarococha

### **Procedencia:**

Material silvestre colectado en el Departamento de Loreto,

Provincia de Maynas, Distrito de San Juan Baustita a una altitud de 104 msnm.

### **Características destacadas de la accesión:**

Hábito de crecimiento : Trepador.

Diámetro de cápsula : 2,16 cm.

Diámetro de semilla : 0,73 cm.

% de cáscara : 49,83.

% de semilla : 50,17.

Peso de 100 semillas : 59,93 g.

Susceptibilidad a *Meloidogyne incognita*: Alta a muy alta

Susceptibilidad al stress hídrico: Medianamente tolerante

% omega 3: 46,91 %

% omega 6: 34,41 %

% omega 9: 9,66 %



## **B). Shica**

### **Procedencia:**

Material silvestre colectado en la Región San Martín, Provincia de Lamas, Distrito de Tabalosos a una altitud de 782 msnm.

### **Características destacadas de la accesión:**

Hábito de crecimiento : Trepador.

Diámetro de cápsula : 4,38 cm.

Diámetro de semilla : 1,79 cm.

% de cáscara : 47,70.

% de semilla : 52,30.

Peso de 100 semillas : 93,16 g.

Susceptibilidad a *Meloidogyne incognita*: Intermedia

Susceptibilidad al stress hídrico: Medianamente tolerante

% de Omega 3: 42.12 %

% de Omega 6: 39.29 %

% de Omega 9: 10.27 %

### C). Tununtunumba

**Procedencia:**

Material silvestre colectado en el Departamento de San Martín,  
Provincia de San Martín, Distrito de Chazuta a una altitud de 287  
msnm.

**Características destacadas de la accesión:**

Hábito de crecimiento : Trepador.

Diámetro de cápsula : 4,56 cm.

Diámetro de semilla : 1,86 cm.

% de cáscara : 47,93.

% de semilla : 52,07.

Peso de 100 semillas : 100,66 g.

Susceptibilidad a *Meloidogyne incognita*: Baja a intermedia

Susceptibilidad al stress hídrico: Medianamente tolerante

% de Omega 3: 39,83 %

% de Omega 6: 40,94 %

% de Omega 9: 10,75 %

#### **D). Chirimoto**

##### **Procedencia:**

Material silvestre colectado en el Departamento de Amazonas  
Provincia de Rodríguez de Mendoza, Distrito de Chirimoto a una  
altitud de 1659 msnm.

##### **Características destacadas de la accesión:**

Hábito de crecimiento : Trepador.

Diámetro de cápsula : 6.22 cm.

Diámetro de semilla : 3.48cm.

% de cáscara : 51.20

% de semilla : 48.80

Peso de 100 semillas : 348 g.

Susceptibilidad a *Meloidogyne incognita*: Baja

Susceptibilidad al stress hídrico: Medianamente tolerante

% Omega 3: 57,21 %

% Omega 6: 27,80 %

% omega 9: 8,22 %

## E). Habana

### Procedencia:

Material silvestre colectado en el Departamento de San Martín,  
Provincia de Moyabamba Distrito de La Habana a una altitud  
847 msnm

### Características destacadas de la accesión:

Hábito de crecimiento : Trepador.

Diámetro de cápsula : 3,92 cm.

Diámetro de semilla : 1,50 cm.

% de cáscara : 50,69.

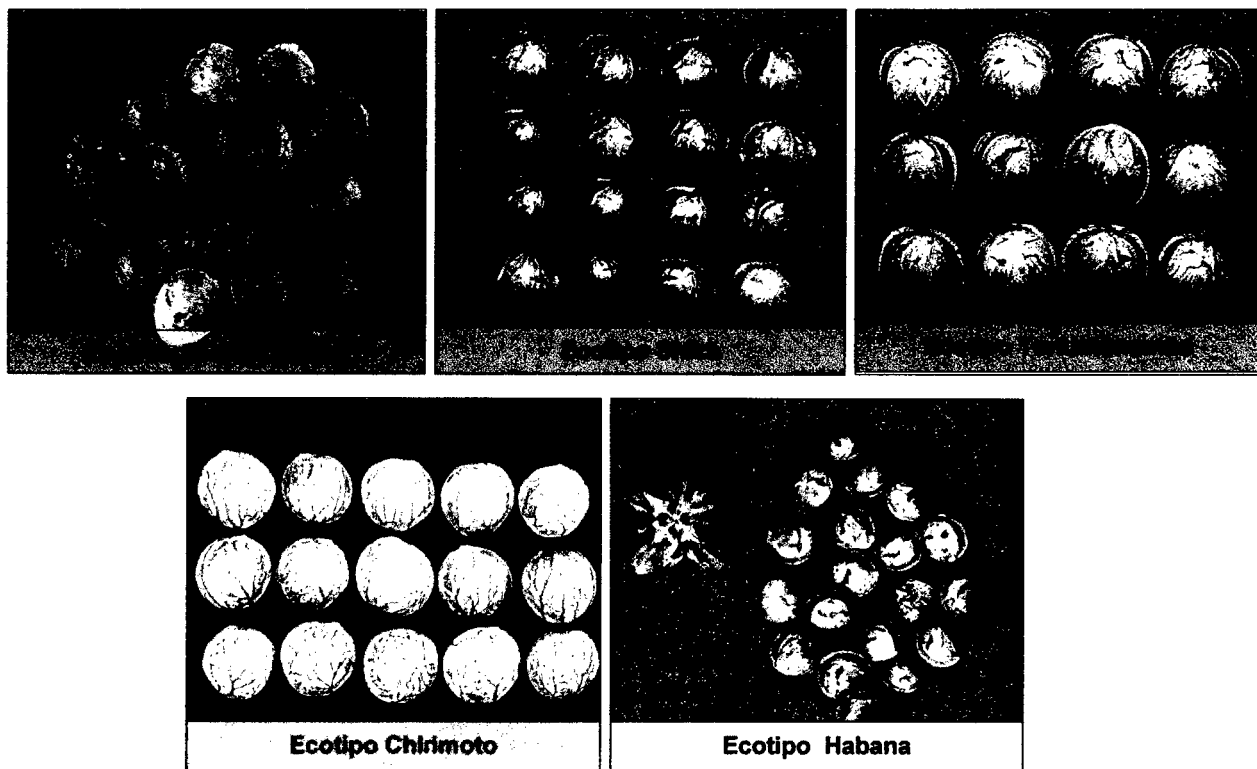
% de semilla : 49,31.

Peso de 100 semillas : 64,04 g.

Susceptibilidad a *Meloidogyne incognita*: Baja a intermedia

Susceptibilidad al stress hídrico: Medianamente tolerante

**Fig. 1: Progenitores en Estudio**



#### **4.11 Parámetros evaluados**

A cuatro meses de haber realizado los cruzamientos se procedió a la cosecha de los frutos, cuando estos tenían una coloración marrón-oscuro. Para la evaluación se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

##### **4.11.1 Número de frutos fecundados por el método del sorbete**

Se evaluó el porcentaje de fecundación de los cruces realizados por el método de sorbete, contándose las flores femeninas fecundadas y no fecundadas, esta verificación se hizo retirando el sorbete de la flor femenina entre 8 a 10 días después del cruzamiento.

##### **4.11.2 Número de frutos fecundados por el método del pincel**

Se evaluó el porcentaje de fecundación de los cruces realizados por el método del pincel, contándose las flores femeninas fecundadas y no fecundadas, esta verificación se hizo retirando el sorbete de la flor femenina entre 8 a 10 días después del cruzamiento.

##### **4.11.3 Diámetro de cápsulas. (mm)**

Se tomaron al azar 05 capsulas cerradas por tratamiento y con la ayuda de un vernier se registró el diámetro de cada cápsula medido en mm.

##### **4.11.4 Diámetro de semilla. (mm)**

Una vez efectuada la medición del diámetro de cápsula, se procedió al descascarado de las mismas, obteniéndose semillas, las que fueron

tomadas al azar en un total de cinco por tratamiento para la evaluación del diámetro de semilla en mm.

#### **4.11.5 Peso de cápsula. (g)**

Se pesaron 05 cápsulas tomadas al azar por tratamiento y con la ayuda de una balanza analítica se obtuvo los pesos en gramos.

#### **4.11.6 Peso de semilla por cápsula. (g)**

De igual manera como en el peso de cápsulas se tomaron 05 semillas al azar por tratamiento y se pesaron en una balanza analítica.

#### **4.11.7 Peso de cáscara por cápsula. (g)**

Después de haberse efectuado el descascarado de las capsulas seleccionadas anteriormente, se tomaron las cascara y se registro el peso respectivo en gramos.

#### **4.11.8 Peso de 100 semillas. (g)**

Se seleccionaron 100 semillas al azar por tratamiento de los cruces resultantes y se pesaron en una balanza analítica.

## **4.12 Metodología de evaluación**

Proceso de elaboración del programa para la recopilación de datos.

**Cálculo “a priori” del o los periodos oportunos para la toma de datos de los parámetros a evaluar.**

Este cálculo se determinó en base a consultas bibliográficas y de profesionales, según los cuales se llegó a definir los momentos que se presentarían durante el desarrollo fenológico del cultivo, y principalmente en plantas sembradas en años anteriores al lote de estudio correspondiente

## **4.13 Métodos de recopilación de datos.**

### **4.13.1 Cuadros utilizados en la recopilación de datos**

Luego de la programación de las evaluaciones, se procedió a diseñar cuadros que sirvieran en la recopilación de datos, para el diseño de los cuadros se consideró la singularidad que presentaba cada parámetros a evaluar.

### **4.13.2 Descripción de la recopilación de datos por características**

Las características evaluadas en el presente trabajo de investigación inicialmente se fotografiaron, esquematizaron y se describieron.

## **4.14 METODOS DE POLINIZACION CONTROLADA**

### **4.14.1 Hibridación mediante el método del sorbete**

Este método es nuevo y creado por el investigador, consiste en la recolección del polen en un fragmento de sorbete de (5 mm Ø x 8 cm), que está cerrado a un extremo y abierto al otro extremo; que logra alojar internamente a la estructura de la flor femenina, asegurando así realizar una polinización controlada. Es una técnica sencilla, de bajo costo y de alto porcentaje de fecundación, solo se necesita tener una buena observación y destreza.

Para la preparación de las plantas femeninas se procedió a emascular las plantas seleccionadas (para evitar la auto polinización), el cruzamiento se realizó cuando la flor pistilada estuvo apta para recibir el polen, de preferencia fue en horas de la mañana; se colectó el polen en el sorbete anteriormente descrito a razón de 8 a 10 botones florales, luego se procedió a cubrir la flor femenina con el sorbete, teniéndose mucho cuidado a fin de evitar lesionarla, posteriormente se colocó algodón en la base del sorbete para evitar la contaminación de polen extraño y se procedió a proteger con bolsas de tela nanzú (9 cm. x 12 cm); al cabo de 8 a 10 días se evaluó el porcentaje de fecundación.





Foto 1: Selección de progenitor

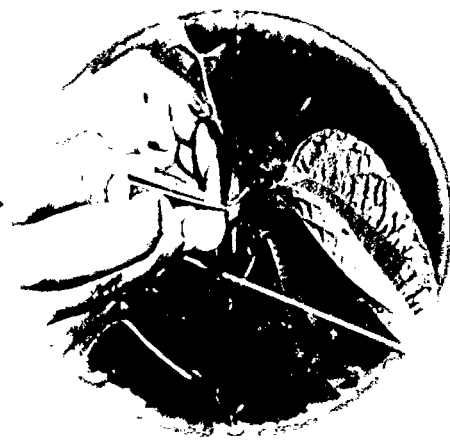
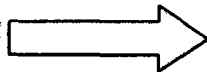


Foto 2: Emasculación



Foto 3: Recolección de polen



Foto 4: Polinización

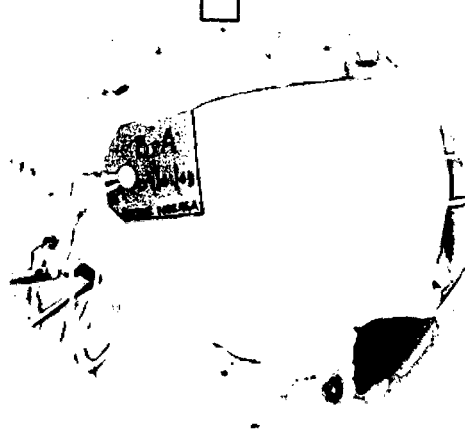
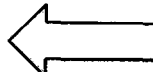


Foto 5: Embolsado y etiquetado



Foto 6: Frutos fecundados

#### 4.14.2 Hibridación mediante la técnica del pincel

Se procedió a emascular el raquis completo de botones florales estaminadas de la madre, cuando éstas se encontraban en el estadio 2, dejando solo flores femeninas pistiladas, realizando luego la polinización artificial con ayuda de un pincel fino, para lo cual se colectó polen de anteras recién abiertas de los ecotipos machos en estudio, frotando luego la superficie del estigma de la flor femenina, cuando éstas se encontraban en horas de mayor receptividad (en horas de la mañana), posteriormente se codifico y se embolso con bolsas de tela nanzú (9 x12 cm), al cabo de 6 a 8 días se procedio al desembolsado y a evaluar el porcentajede fecundacion.

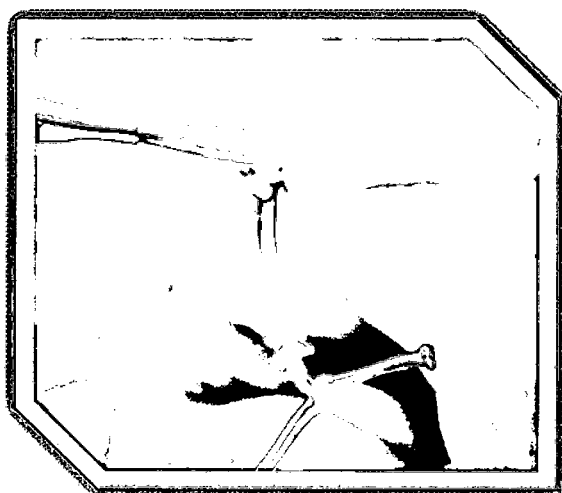


Foto 7: Polinización

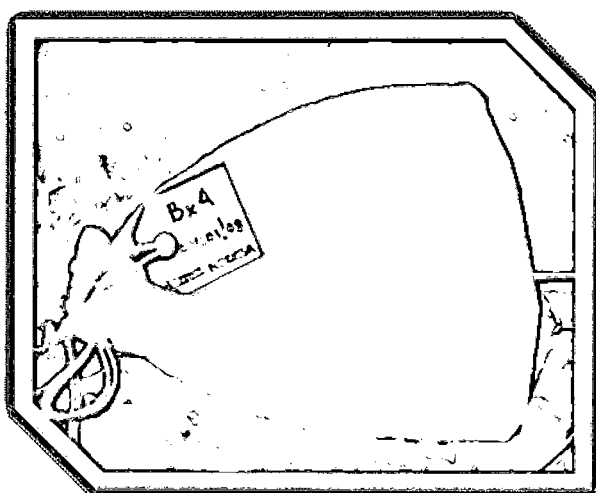


Foto 8: Embolsado y etiquetado

## V. RESULTADOS

### 5.1. Número de frutos fecundados

**Cuadro 1.** Análisis de varianza para el número de frutos fecundados.

Fuente de Variación	GL	Cuadrado Medio	
Tratamientos	1	75,6150	**
Error experimental	22	0,0574	
Total	23		
CV. = 3,29%      R <sup>2</sup> = 98,36%      X = 7,29			

\*\*=Significativo con  $p < 0.01$ , GL= grados de libertad,

CV.= Coeficiente de variación,

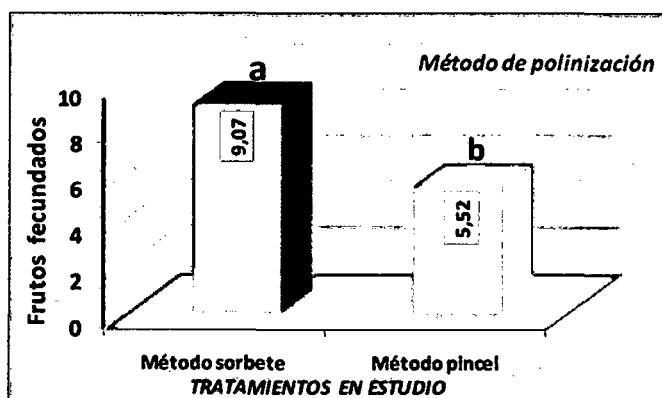
R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación,

X = Promedio.

**Cuadro 2.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al número de frutos fecundados.

Trat.	Descripción de tratamientos	Nº Frutos fecundados	
T <sub>1</sub>	Técnica sorbete	9,07	a <sup>‡</sup>
T <sub>2</sub>	Técnica pincel	5,52	b

<sup>‡</sup> Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellas.



**Gráfico 1:** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al número de frutos fecundados.

**Cuadro 3.** Análisis de varianza para el diámetro de cápsulas (mm).

Fuente de Variación	GL	Cuadrado Medio	
Tratamientos	11	87,0514	**
Error experimental	48	5,6974	
Total	59		
<b>C.V.= 5,79%</b>		<b>R<sup>2</sup> = 77,79%</b>	<b>X = 41,25</b>

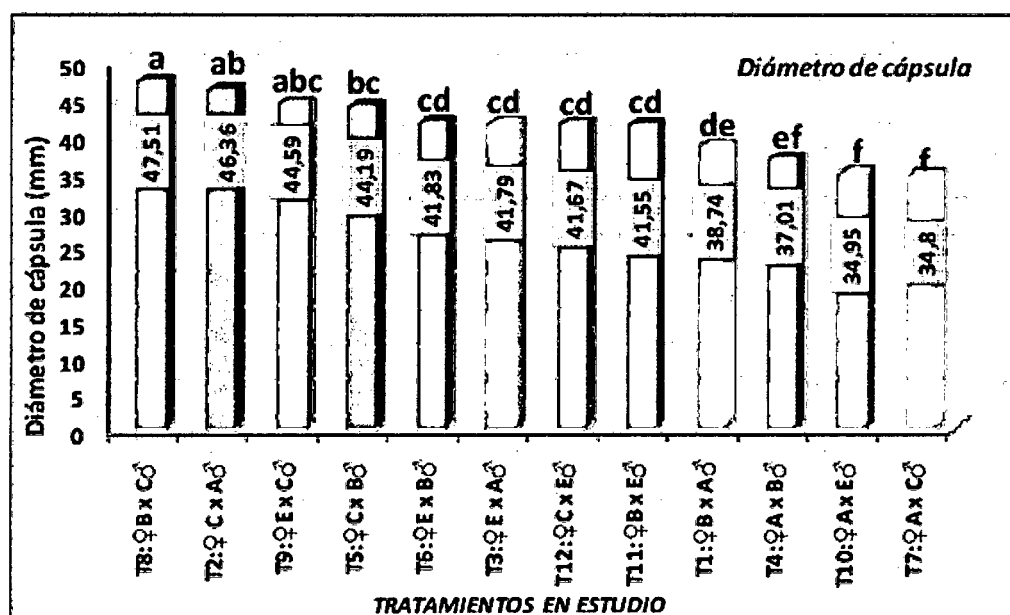
\*\*=Significativo con  $p<0.01$ , GL= grados de libertad,

CV.= Coeficiente de variación,      R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación.      X = Promedio

**Cuadro 4.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al diámetro de cápsula (mm).

Trat.	Descripción de tratamientos	Diámetro de cápsula (mm)	
T <sub>8</sub>	♀ B x C ♂	47,51	a <sup>+</sup>
T <sub>2</sub>	♀ C x A ♂	46,36	ab
T <sub>9</sub>	♀ E x C ♂	44,59	abc
T <sub>5</sub>	♀ C x B ♂	44,19	bc
T <sub>6</sub>	♀ E x B ♂	41,83	cd
T <sub>3</sub>	♀ E x A ♂	41,79	cd
T <sub>12</sub>	♀ C x E ♂	41,67	cd
T <sub>11</sub>	♀ B x E ♂	41,55	cd
T <sub>1</sub>	♀ B x A ♂	38,74	de
T <sub>4</sub>	♀ A x B ♂	37,01	ef
T <sub>10</sub>	♀ A x E ♂	34,95	f
T <sub>7</sub>	♀ A x C ♂	34,80	f

<sup>+</sup>Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre ellas.



**Gráfico 2:** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al diámetro de cápsula (mm).

**Cuadro 5.** Análisis de varianza para el diámetro de semilla (mm).

Fuente de Variación	GL	Cuadrado Medio	
Tratamientos	11	15,4683	**
Error experimental	48	0,4782	
Total	59		
C.V. = 4,10%		R <sup>2</sup> = 88,11%	X = 16,87

\*\*=Significativo con  $p<0.01$ , GL= grados de libertad,

C.V.= Coeficiente de variación,

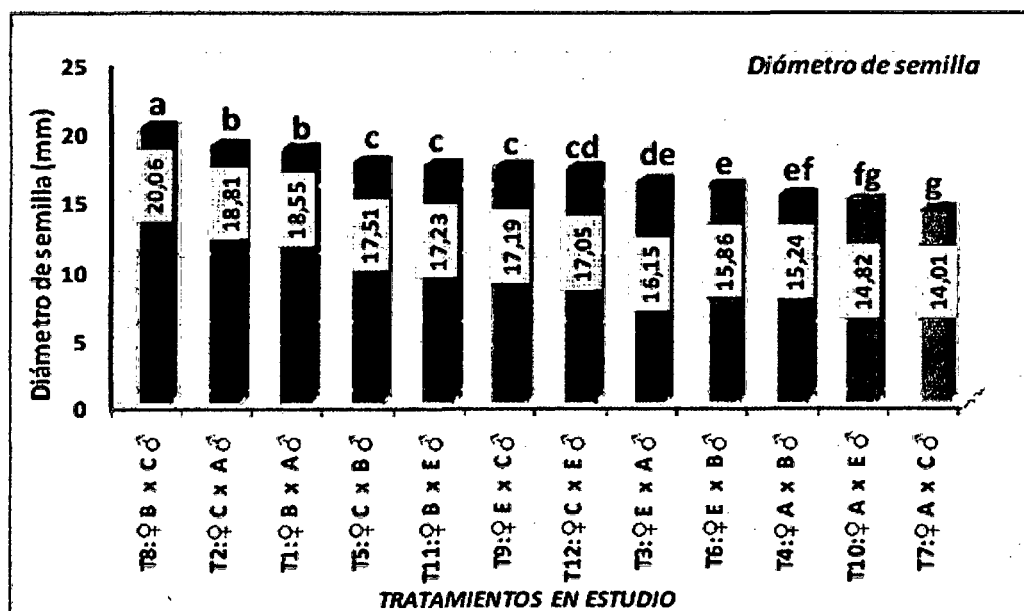
R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación,

X = Promedio

**Cuadro 6.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al diámetro de semilla (mm).

Trat.	Descripción de tratamientos	Diámetro de semilla (mm)	
T <sub>8</sub>	♀ B x C ♂	20,06	a
T <sub>2</sub>	♀ C x A ♂	18,81	b
T <sub>1</sub>	♀ B x A ♂	18,55	b
T <sub>5</sub>	♀ C x B ♂	17,51	c
T <sub>11</sub>	♀ B x E ♂	17,23	C
T <sub>9</sub>	♀ E x C ♂	17,19	C
T <sub>12</sub>	♀ C x E ♂	17,05	Cd
T <sub>3</sub>	♀ E x A ♂	16,15	De
T <sub>6</sub>	♀ E x B ♂	15,86	E
T <sub>4</sub>	♀ A x B ♂	15,24	Ef
T <sub>10</sub>	♀ A x E ♂	14,82	Fg
T <sub>7</sub>	♀ A x C ♂	14,01	G

‡ Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre ellas.



**Gráfico 3:** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al diámetro de semilla (mm).

**Cuadro 7.** Análisis de varianza para el peso de cápsula (g).

Fuente de Variación	GL	Cuadrado Medio	
Tratamientos	11	7,8320	**
Error experimental	48	0,8330	
Total	59		
CV. = 14,29%		R <sup>2</sup> . = 68,30%	X = 6,39

\*\*=Significativo con  $p<0.01$ , GL= grados de libertad,

CV.= Coeficiente de variación,

R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación,

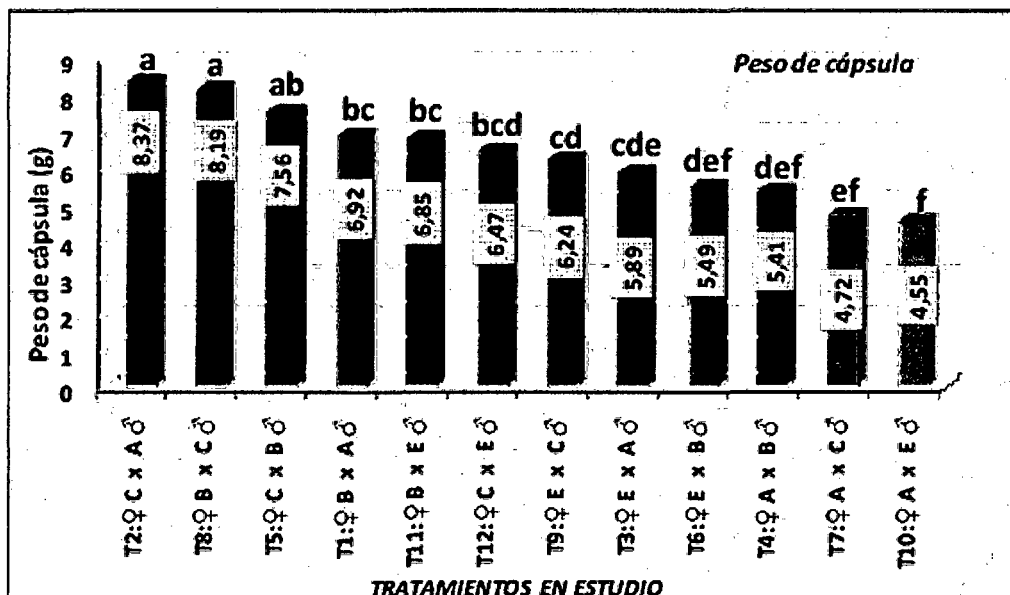
X = Promedio

**Cuadro 8.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al peso de cápsula (g).

Trat.	Descripción de tratamientos	Peso de cápsula (g)	
T2	♀ C x A ♂	8,37	a <sup>‡</sup>
T8	♀ B x C ♂	8,19	a
T5	♀ C x B ♂	7,56	ab
T1	♀ B x A ♂	6,92	bc
T11	♀ B x E ♂	6,85	bc
T12	♀ C x E ♂	6,47	bcd
T9	♀ E x C ♂	6,24	cd
T3	♀ E x A ♂	5,89	cde
T6	♀ E x B ♂	5,49	def
T4	♀ A x B ♂	5,41	def
T7	♀ A x C ♂	4,72	ef
T10	♀ A x E ♂	4,55	f

<sup>‡</sup> Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre ellas.





**Gráfico 4:** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al peso de cápsula (g).

**Cuadro 9.** Análisis de varianza para el peso de cáscara (g).

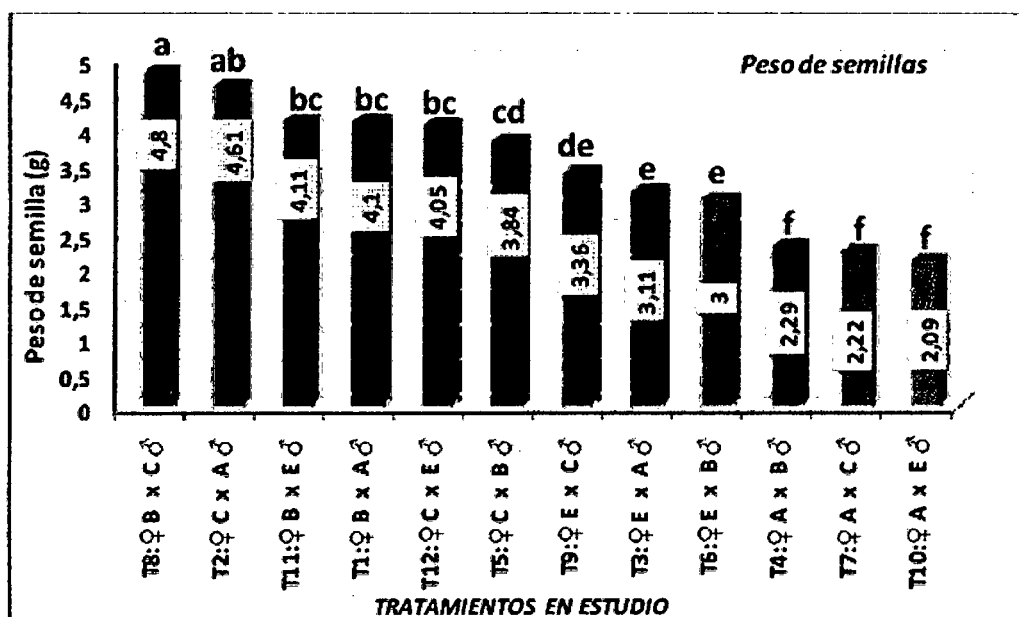
Fuente de Variación	GL	Cuadrado Medio
Tratamientos	11	0,7742 *
Error experimental	48	0,3249
Total	59	
C.V. = 19,41%	R <sup>2</sup> = 35,32%	X = 2,94

\*=Significativo con  $p<0,05$ , GL= grados de libertad,

C.V.= Coeficiente de variación,

R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación,

X = Promedio



**Gráfico 6:** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al peso de semilla (g).

**Cuadro 13.** Análisis de varianza para el peso de 100 semillas (g).

Fuente de Variación	GL	Cuadrado Medio	
Tratamientos	11	1884,1190	**
Error experimental	48	17,0072	
Total	59		
CV. = 5,06%      R <sup>2</sup> = 96,21%      X = 81,50			

\*\*=Significativo con  $p<0.01$ , GL= grados de libertad,

C.V.= Coeficiente de variación,

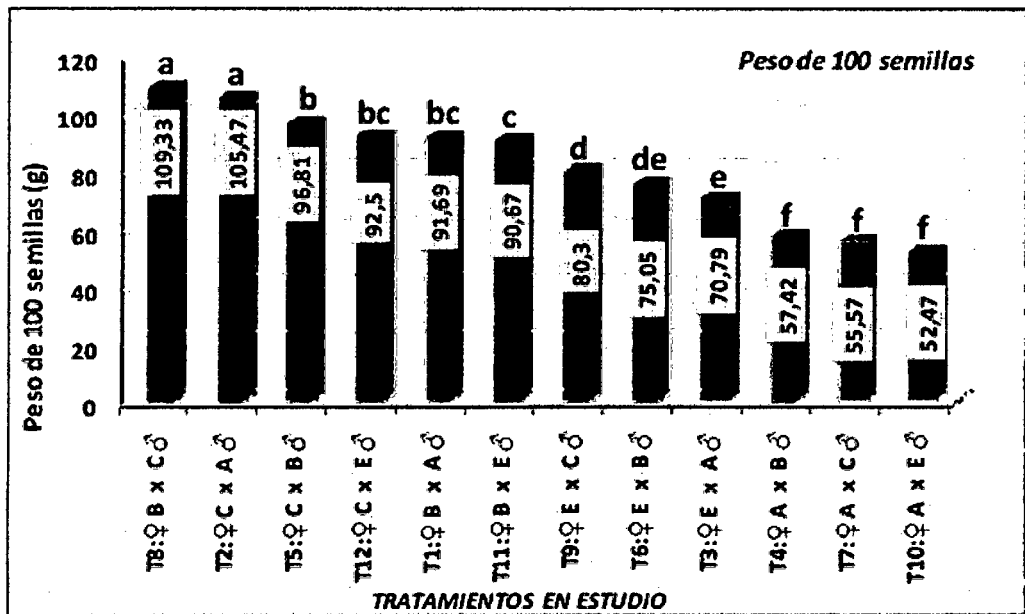
R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación,

X = Promedio

**Cuadro 14.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al peso de 100 semillas (g).

Trat.	Descripción de tratamientos	Peso de 100 semillas (g)	
T <sub>8</sub>	♀ B x C ♂	109,33	a <sup>‡</sup>
T <sub>2</sub>	♀ C x A ♂	105,47	a
T <sub>5</sub>	♀ C x B ♂	96,81	b
T <sub>12</sub>	♀ C x E ♂	92,50	bc
T <sub>1</sub>	♀ B x A ♂	91,69	bc
T <sub>11</sub>	♀ B x E ♂	90,67	c
T <sub>9</sub>	♀ E x C ♂	80,30	d
T <sub>6</sub>	♀ E x B ♂	75,05	de
T <sub>3</sub>	♀ E x A ♂	70,79	e
T <sub>4</sub>	♀ A x B ♂	57,42	f
T <sub>7</sub>	♀ A x C ♂	55,57	f
T <sub>10</sub>	♀ A x E ♂	52,47	f

<sup>‡</sup> Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre ellas.



**Gráfico 7:** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al peso de 100 semillas (g).

## VI. DISCUSIÓN

### 6.1. Número de frutos fecundados

Los resultados obtenidos demuestran que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los 2 tratamientos evaluados, además se demostró la validez de las técnicas de autopolinización controlada, obteniendo en promedio 7,29 frutos por tratamiento y coeficientes de confiabilidad aceptables dentro del rango establecidos por (Calzada, 1982).

En el cuadro 14, se presentan los resultados de los cruzamientos y las 2 técnicas empleadas en los trabajos de autopolinización controlada, observando que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos  $T_1$  y  $T_2$ . El Tratamiento  $T_1$  (técnica sorbete), mostró mayor número de frutos fecundados a razón de 9,07 frutos, en comparación con el tratamiento  $T_2$  (Técnica del pincel) que demostró un menor número de frutos fecundados en 5,52 frutos, lo que le confiere una ventaja atractiva dado que la técnica de sorbete es más sencilla, rápida de realizar y la más efectiva.

### 6.2. Diámetro de cápsula

De acuerdo al análisis de varianza para el diámetro de capsula se reporta la existencia de diferencias significativas para los tratamientos puestos en estudio, teniéndose consigo índices estadísticos como  $C.V=5,79\%$ ,  $R^2=77,79\%$  los cuales son aceptables según (Calzada, 1982).

La prueba de Duncan ( $\alpha= 0,05$ ) (cuadro 2), para tratamientos muestra que no hay diferencias significativas entre  $T_6$ ,  $T_3$ ,  $T_{12}$  y  $T_{11}$  diferenciándose de los demás tratamientos respectivamente. El tratamiento  $T_8$  ( $\text{♀ B} \times \text{C} \text{ ♂}$ ) (**shica x**

**zungarococha)** alcanzó el mayor diámetro de cápsula con 47,51 mm; de acuerdo a las características morfológicas de cada ecotipo descrito inicialmente para el diámetro de capsula en los ecotipos shica (43,8 mm) y zungarococha (21,6mm), el resultado de la crusa para el tratamiento T<sub>8</sub>, demuestra una dominancia de caracteres genéticos por parte del progenitor femenino (shica), este suceso es consecuente a lo que menciona **(Brauer, 1969)**.

Así mismo los Tratamientos T<sub>10</sub> (A x C) y T<sub>7</sub> (A x E) alcanzaron los menores diámetros de cápsula con 34.95 y 34.80 mm., respectivamente; esto debido a que el progenitor hembra representada por ♀ A (**zungarococha**), presenta un promedio menor de diámetro de cápsula en comparación con los demás ecotipos estudiados, posiblemente este progenitor hembra haya conferido características genéticas a los híbridos obtenidos por el cruzamiento realizado **(Brauer, 1969)**.

### **6.3. Diámetro de semilla**

El análisis de varianza nos indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, en relación al diámetro de semilla. Con una media de 16,87 mm., coeficiente de variabilidad 4,10% y coeficiente de determinación 88,11%, cuyos coeficientes se encuentren entre rangos aceptables de confiabilidad según **(Calzada (1982)**, Por otro lado los tratamientos en estudio presentan alta variabilidad fenotípica.

Al comparar el diámetro de semilla (cuadro 4), solo hubo diferencias significativas para T<sub>8</sub> (♀ B x C ♂), correspondiendo el mayor valor (20,06 mm.), este resultado puede ser atribuido a las características genéticas del

material vegetal de los progenitores y a las condiciones climáticas imperantes en la zona donde se realizó la evaluación, corroborándose a lo que menciona ((Brauer, 1969). Para los tratamientos  $T_5$ ,  $T_{11}$  y  $T_9$ , no se diferencian estadísticamente entre ellos, en comparación con el tratamiento  $T_7$  ( $\text{♀ A} \times \text{C} \text{ ♂}$ ) que obtuvo el menor valor (14,01 mm.). Sin embargo podemos observar que en los demás tratamientos evaluados existieron diferencias estadísticas, como se observa en la prueba de Duncan ( $\alpha= 0,05$ ) (cuadro 4).

#### **6.4. Peso de cápsula**

En el cuadro 5, se puede observar que para la variable peso de cápsula, al realizar la comparación para determinara la variación entre los 12 tratamientos existe diferencias altamente significativas, reportándose un  $C.V=14,29\%$ ,  $R^2=68,30\%$ .

Para la prueba de Duncan se observa que para el peso de cápsula, al realizar la comparación de tratamientos, el rendimiento en peso de cápsula para los tratamientos  $T_2$  y  $T_8$ , son estadísticamente iguales. Sin embargo numéricamente  $T_2$  supera a  $T_8$  con (8,37 g.). Al comparar el peso de cápsula (cuadro 6), solo hubo diferencias significativas para los híbridos  $T_5$ ,  $T_1$  hasta el  $T_{10}$ , correspondiendo el mayor valor (8,37 g.), a la combinación ( $\text{♀ C} \times \text{A} \text{ ♂}$ ), este resultado puede ser atribuido a las características genéticas del material vegetal progenitor, condiciones climáticas y niveles de fertilidad del suelo imperantes en la zona donde se realizó el trabajo de investigación, observaciones y explicaciones consecuentes a lo que menciona (López,1995; Braeur, 1969).

### 6.5. Peso de cáscara

Para la variable peso de cáscara, se observa que existe diferencias estadísticas entre los tratamientos, descartando la posibilidad que los 12 tratamientos en estudio sean estadísticamente iguales y que existe variación significativa, observando en promedio 2,94 g. de peso de cáscara.

En relación al parámetro peso de cáscara, el análisis de Duncan reporta diferencias significativas al 0,05%. Observando que el  $T_2$  (♀ C x A ♂), obtuvo el mayor valor (3,74 g.), en comparación con los demás tratamientos que no se diferenciaron estadísticamente entre ellos.

### 6.6. Peso de semilla

En relación al parámetro peso de semilla, el análisis de varianza detecto diferencias altamente significativas al 0,01%, agrupados en 12 tratamientos. Presentando en promedio 3,46 g de semilla cosechada por ecotipo y valores de coeficientes de confiabilidad aceptables dentro de los rangos establecidos según (Calzada 1982).

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) (cuadro 10), para tratamientos muestra que no hay diferencias significativas entre  $T_{11}$ ,  $T_1$  y  $T_{12}$  diferenciándose de los demás tratamientos respectivamente. El tratamiento  $T_8$  (♀ B x C ♂) alcanzó el mayor peso de semilla con 4,80 g, así mismo los Tratamientos  $T_7$  (♀ A x C ♂) y  $T_{10}$  (♀ A x E ♂) alcanzaron los menores peso de semilla con 2,22 y 2,09 g., respectivamente. Probablemente se deba a las características genéticas del material vegetal (progenitor), condiciones climáticas y niveles de



fertilidad del suelo imperantes en la zona donde se realizó el trabajo de investigación (López, 1995; Braeur, 1969).

#### **6.7. Peso de 100 semillas**

En relación a la variable peso de 100 semillas, el análisis de varianza registra diferencias altamente significativas al 0,01%, en comparación con los tratamientos evaluados. Observando en promedio 81,50 g., de peso, descartando la posibilidad que los 12 tratamientos en estudio sean estadísticamente iguales.

Se observa que para la variable peso de 100 semillas, al realizar la comparación de tratamientos, el rendimiento en peso el  $T_8$  ( $\text{♀ B} \times \text{C} \text{ ♂}$ ) y  $T_2$  ( $\text{♀ C} \times \text{A} \text{ ♂}$ ), son estadísticamente iguales. Sin embargo numéricamente el tratamiento  $T_8$  supera a tratamiento  $T_2$  con (109,33 g.). Al comparar el peso de 100 semillas (cuadro 12), solo hubo diferencias significativas para los híbridos  $T_5$ ,  $T_{12}$  hasta el  $T_{10}$ , correspondiendo el menor valor (52,47 g.), a la combinación ( $\text{♀ A} \times \text{E} \text{ ♂}$ ), este resultado puede ser atribuido a las características genéticas del material vegetal progenitor que ha logrado una buena recombinación genética entre progenitores (Braeur, 1969).

## VII. CONCLUSIONES

- 7.1.** Se comprobó que el método de sorbete permitió obtener el mayor número de frutos fecundados, diferenciándose del método del pincel el cual presentó fructificación baja.
- 7.2.** Todos los tratamientos en estudio (cruces) son compatibles entre sí; por lo que se logró obtener híbridos F1, destacando las cruzas en los tratamientos  $T_8$  ( $\text{♀ B} \times \text{C} \text{ ♂}$ ) y  $T_2$  ( $\text{♀ C} \times \text{A} \text{ ♂}$ ), que presentaron buenas características deseables en el diámetro de cápsula, diámetro de semilla, peso de cápsula, peso de semilla y peso de 100 semillas, superando al tratamiento  $T_7$  ( $\text{♀ A} \times \text{C} \text{ ♂}$ ) y  $T_{10}$  ( $\text{♀ A} \times \text{E} \text{ ♂}$ ) referente a los mismos parámetros descritos anteriormente.
- 7.3.** El progenitor (ecotipo Chirimoto), representado por la letra "D", presentó problemas de aclimatación durante su periodo fenológico, bajo condiciones de la Banda de Shilcayo perteneciente al Bajo Mayo Departamento de San Martín, comparado con las condiciones edafoclimáticas de su centro de origen (Amazonas).

## **VIII. RECOMENDACIONES**

Las conclusiones obtenidas nos permiten recomendar:

- 8.1.** Perfeccionar y validar los métodos del sorbete y del pincel con investigaciones posteriores y en diferentes condiciones edafoclimáticas.
- 8.2.** Se debe considerar la utilización de un mayor número de progenitores dentro de un programa de mejoramiento genético con la finalidad de obtener individuos que presenten combinaciones adecuadas de características deseables.
- 8.3.** Se debe realizar todas las observaciones del desarrollo floral del cultivo, a fin de determinar el momento oportuno del mayor grado de receptividad estigmático y disponibilidad de polen, para efectuar una buena polinización controlada.

## IX. RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca determinar un método de polinización controlada y obtener híbridos (F1), mediante polinización controlada en cinco ecotipos promisorios de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.); en la región San Martín –Perú”. Los experimentos se realizaron en los campos experimentales del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) – Centro Experimental “Pucayacu”, ubicado en el sector Bello Horizonte a 7 Km. de la ciudad de Tarapoto, distrito de La Banda de Shilcayo, Provincia y Región de San Martín.

El diseño estadístico empleado fue un diseño completamente al azar (DCA) con 12 tratamientos (cruces recíprocas), constituido por cinco (05) repeticiones. Los resultados demostraron que los 12 tratamientos (cruces recíprocas) son compatibles entre sí, destacando el tratamiento  $T_8$  ( $\text{♀ B} \times \text{C} \text{ ♂}$ ) con mejores resultados en el  $\emptyset$  de capsula (47,51 mm),  $\emptyset$  semilla (20,06 mm), peso de capsula (8,37g), peso de cáscara (3,74g), peso de semilla (4,80g) y peso de 100 semillas (109,33g) respectivamente, comparando con los tratamientos  $T_7$  ( $\text{♀ A} \times \text{C} \text{ ♂}$ ) en el  $\emptyset$  de capsula (34,80 mm),  $\emptyset$  semilla (14,04 mm) peso de cáscara (2,47g), y el tratamiento  $T_{10}$  ( $\text{♀ A} \times \text{E} \text{ ♂}$ ), referido al peso de capsula (4,55g), peso de semilla (2,09g) y peso de 100 semillas (52,47g) respectivamente. Para los métodos de polinización controlada se determinó que la técnica del sorbete es la más eficiente por que obtuvo el mayor Número de frutos fecundados con un promedio de 9,07 frutos/ cada 10 flores polinizadas, logrando un 90,70% de fecundación, comparada con la técnica del pincel que obtuvo un promedio de 5,52 de frutos fecundados/ cada 10 flores polinizadas, obteniendo un 55,20% de fecundación.

## X. SUMMARY

This research seeks to determine a method of controlled pollination and get hybrids (F1), using controlled pollination in five of promising ecotypes inchi sacha (*Plukenetia volubilis* L.), San Martín Region in Peru. "The experiments were realized in the experimental areas of the Institute of Investigación of Peruvian Amazon (IIAP) – Experiment center "Pucayacu", located to Bello Horizonte 7 km from the city of Tarapoto, in the Banda de Shilcayo district, San Martín Province and Region.

The statistical design used was a completely randomized (DCA) with 12 treatments (reciprocal crosses), consisting of five (05) repetitions. The results showed that the 12 treatments (reciprocal crosses) are compatible to oneself, emphasizing the treatment T<sub>8</sub> (♀ ♂ B x C) with better results in the capsule of Ø (47,51 mm), Ø seeds (20.06 mm) , capsule weight (8,37 g), shell weight (3,74 g), seed weight (4,80 g) and 100 seed weight (109,33 g), respectively, compared with treatments T<sub>7</sub> (A x C ♂ ♀ ) in the capsule of Ø (34,80 mm), Ø seeds (14,04 mm) of husk weight (2,47 g), and treatment T<sub>10</sub> (A x E ♂ ♀), referred to the weight of capsule (4, 55g), seed weight (2,09 g) and 100 seed weight (52,47 g) respectively. For controlled pollination methods was determined that the method is the most efficient straw that got the highest number of fruits fertilized with an average of 9,07 fruits / pollinated flowers ten, achieving a 90,70% fertilization compared with the technique of the brush that was an average of 5,52 fruits fertilized / ten pollinated flowers, with a 55,20% fertilization.

## XI. BIBLIOGRAFIA

1. ARÉVALO, G. 1989 – 1995. “Informes de Resultados de Investigación”. Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología E.E. “El Porvenir.”
2. ARÉVALO, G. 1996. “El Cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia Volúbilis* L.) en la Amazonía”. Instituto de Investigación Agraria, Proyecto Suelos Tropicales. Lima, Perú. 68 p.
3. ARROYO, J. 2000. Diseños de Experimentos mas Comunes en la Estación Experimental y en Campos de Productores. Proyecto IICA-GTZ 131p.
4. BRACK, A. 1999. “*Plukenetia volubilis* L. Diccionario Enciclopédico de Plantas Útiles del Perú”. PNUD: Cuzco – Perú 550 p.
5. BRAUER, O. 1969. Fotogenética Aplicada. Editorial-Limusa S.A. México. 267 p.
6. CACHIQUE. H, D. 2006. “Estudio de la Biología Floral Y Reproductiva en el Cultivo De Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.)”. Tesis Ing. Agrónomo, Tarapoto, Perú. Universidad Nacional de San Martín. 85 p.
7. CALZADA, B. 1982. Métodos Estadísticos para la Investigación. Editorial Milagros S.A. Lima-Perú. 644 p.

8. CORAZÓN, 2007. "Propagación sexual de ecotipos promisorios y autofecundación de plantas elites de sachá inchi (*Plukenetia Volubilis* L.)". Informe de practicas pre profesionales Tarapoto-Perú FCA-UNSM 68 p.
9. GILLESPIE, L. J. 1993. "A Sinopsis of Neotropical Plukenetia" (Euphorbiaceae), including two new species. Systematic Botany.
10. LOPEZ, M. 1995. "Fitomejoramiento" Editorial.Trillas S.A. México DF. 172 p.
11. MANCO, E. 2006. "Cultivo de Sacha Inchi". Estación Experimental Agraria "El Porvenir", INIEA. Tarapoto. 11 p.
12. MANCO, E. 2005. "Situación y Avances del Cultivo de Sacha Inchi en el Perú". Dirección Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología. 30 p.
13. MANCO, E. 1996 – 2003. "Informes de resultados de investigación, Programa Nacional de Investigación en recursos Genéticos y Biotecnología" EE. El Porvenir INIA – Tarapoto.
14. MANCO, E. 2004. "Sachá Inchi, planta prometedora de la Amazonía Peruana". El Porvenir Agrario, INIEA – Tarapoto.
15. MC-BRIDE, J. 1951. "Euphorbiaceae. In Flora of Peru. Botanical" series vol. 13, part. III. Field Museum History, 115-118. p.

16. ORBEGOSO, E. 2004. "Análisis Competitivo del Sector Productor de Sacha Inchi y sus Derivados En la Región San Martín". Centro de Servicios Económicos de Tarapoto. Proyecto PRA. 14 p.
17. ONERN, 1992. "Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales de la Zona del Bajo Mayo". Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Lima – Perú.
18. POEHLMAN, M. 1992. "Mejoramiento Genético de las Cosechas" editorial Limusa S.A. México D.F. 453 p.
19. PROYECTO OMEGA. 2002. "El Inca Inchi". Agroindustrias Amazónicas. Boletín Técnico. Lima – Perú. 6 p.
20. RUIZ, M. 2008. "Fitomejoramiento" Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto 70 p.
21. SEVILLA, R. 2004. Recursos Genéticos Vegetales. Ediciones Luis León Asociados SRL. Lima Perú. 445 p.
22. TALBERT, J. 2000 "Técnicas del Mejoramiento Genético en Árboles Forestales" Editorial Limusa .México DF 545 p.
23. VALLES, C. 1995. El Sacha Inchi, Planta Nativa de Importancia Proteica y Aceitera Promisoria para la Selva Alta. Separatas 8 p.
24. VEGA, U. 1998 "Mejoramiento Genético de plantas". Editorial América Maracay, Venezuela 200 p



**ANEXO**

**Anexo 01:**

**Cuadro 15.** Análisis de varianza para el número de estambres/flor

Fuente de Variación	GL	Cuadrado Medio	
Tratamientos	3	6.1833	n.s
Error experimental	16	2.1500	
Total	19		
<hr/>			
CV. = 5.88%	$R^2 = 35.03\%$	$X = 24.95$	

n.s= No Significativo  $p<0.01$  y  $p<0,05$  GL= grados de libertad,

CV.= Coeficiente de variación,  $R^2$  = Coeficiente de determinación, X = Promedio

Al comparar el número de estambres/flor (cuadro 15), no hubo diferencias significativas para los tratamientos.

**Cuadro 16.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al número de estambres/flor

Trat.	Descripción de tratamientos	Nº estambres/flor	
T1	A ♂	26.00	a <sup>‡</sup>
T3	C ♂	25.40	ab
T2	B ♂	25.00	ab
T4	E ♂	23.40	b

<sup>‡</sup> Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre ellas.

En la prueba Duncan (0,05%), la **T3** (C ♂) y **T2** (B ♂) no presentaron diferencias estadísticas, al comparar el número de estambres por flor (cuadro 16), solo hubo diferencias significativas para **T1** (A ♂) y **T4** (E ♂), correspondiendo el mayor valor (26,0 estambres/flor), al **T1**. Cabe mencionar que el **T5** con el progenitor macho D (**Chirimoto**), no presentó inflorescencias, este resultado puede ser atribuido a las características genéticas del material vegetal y a las condiciones climáticas imperantes en la zona donde se realizó la evaluación.

**Cuadro 17.** Análisis de varianza para el número de flores estaminadas

Fuente de Variación	GL	Cuadrado Medio	
Tratamientos	3	72.1833	**
Error experimental	16	11.2500	
Total	19		
CV.= 1.72%	R2= 54.61%	X= 194.85	

\*\*=Significativo con  $p<0.01$ , GL= grados de libertad,

CV.= Coeficiente de variación,  $R^2$  = Coeficiente de determinación, X = Promedio

En relación a la variable número de flores estaminadas, el análisis de varianza detecto diferencias altamente significativas al 0.01%, en comparación con los tratamientos evaluados. Observando en promedio 194.85 flores, descartando la posibilidad que los 12 tratamientos en estudio sean estadísticamente iguales.

**Cuadro 18.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para tratamientos correspondiente al número de flores estaminadas.

Trat.	Descripción de tratamientos	Nº flores estaminadas	
T4	E ♂	199.80	a <sup>‡</sup>
T2	B ♂	195.60	ab
T1	A ♂	193.00	b
T3	C ♂	191.00	b

<sup>‡</sup> Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre ellas.

En la prueba Duncan (0,05%), el T1 (A ♂) y T3 (C ♂) no presentaron diferencias estadísticas, al comparar el número de flores estaminadas (cuadro 18), solo hubo diferencias significativas para T4 (E ♂) y T3 (C ♂), correspondiendo el menor valor (191.00 flores estaminadas), al T3. Cabe mencionar que el T5 con el progenitor macho D (Chirimoyo), no presentó inflorescencias, este resultado puede ser atribuido a las características genéticas del material vegetal y a las condiciones climáticas imperantes en la zona donde se realizó la evaluación.

Anexo 02: Distribución de parcelas experimentales

